Über die Höhe histologischer Differenzierung bei heterotrichen Ciliaten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

eingereicht

bei der zweiten Sektion der philosophischen Fakultät

der

Universität zu München

von

Eugen Robert Neresheimer
aus Amsterdam.

Jena.
Verlag von Gustav Fischer.
1903.

Über die Höhe histologischer Differenzierung bei heterotrichen Ciliaten.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

eingereicht

bei der zweiten Sektion der philosophischen Fakultät

der

Universität zu München

von

Eugen Robert Neresheimer
aus Amsterdam.

Jena.
Verlag von Gustav Fischer.
1903.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552325_0108

Der Stentor, und insbesondere der Stentor coeruleus, gehört wohl nächst Paramaecium und den Vorticellinen zu den am meisten untersuchten Ciliaten. Wenn es mir trotzdem gelungen ist, bei meinen Untersuchungen über diese Form zu bisher noch unbekannten Resultaten zu kommen, so verdanke ich dies hauptsächlich der heutigen Vervollkommnung unserer Färbetechnik.

Meine Untersuchungen beschränkten sich fast völlig auf die Zwischenstreifen (Bütschli). Schon den älteren Autoren war die Muskulatur des Stentor bekannt. Aus den Angaben, die Haeckel in seiner Studie „Zur Morphologie der Infusorien" (Jenaische Zeitschr. Bd. VII, 1873) hierüber macht, ist allerdings zu ersehen, daß er für seine „Myophane" die Rippenstreifen (Bütschli) gehalten hat, ebenso wie Stein; jedoch haben Engelmann und Greeff als die wahren kontraktilen Elemente die in den Zwischenstreifen verlaufenden feinen Fasern, die „Myoneme" Bütschli's, erkannt. Dieselben Fibrillen wurden noch bei mehreren anderen Ciliaten, wie Spirostomum und den Vorticellinen, nachgewiesen und ihre Funktion als Muskelelemente sicher festgestellt.

Es lag nahe, bei dieser Art hoher Differenzierung des Plasmas auch die Anwesenheit nervöser Elemente zu vermuten, und es sind in dieser Richtung auch schon wiederholt Versuche gemacht und Vermutungen ausgesprochen worden, die sich aber niemals durch genügende Beweisgründe wahrscheinlich machen ließen. So hat z. B. Schuberg in seiner Arbeit „Zur Kenntnis des Stentor coeruleus"

(Zoologische Jahrbücher, Abt. für Anatomie und Ontogenie, Bd. IV) allerdings sehr vorsichtig angedeutet, möglicherweise seien die Basalapparate der Membranellen an der adoralen Wimperspirale des Stentor als nervöse Differenzierungen anzusprechen. Jedoch giebt er selbst an, daß sich hierfür keine Beweise vorbringen lassen. Auf die genannten Endapparate, die Schuberg nicht ganz richtig beschrieben hat, werde ich später noch zurückkommen. Es ist mir nun gelungen, in den Zwischenstreifen des Stentor coeruleus andere, meines Wissens bisher noch nicht beschriebene Organellen aufzufinden, die man wohl mit größerer Wahrscheinlichkeit, wenn auch nicht mit Gewißheit, als nervöse Protoplasmadifferenzierungen ansprechen kann.

Das normale Verhalten der Myoneme hat Schuberg in der oben erwähnten Arbeit genau beschrieben. Ein System kontraktiler Fibrillen zieht in den Zwischenstreifen vom aboralen Pol des Tieres bis zum Rande des Peristomfeldes, der adoralen Wimperspirale. Schuberg beschreibt richtig eine sogenannte Verästelungszone, d. h. einen von zwei Körperstreifen begrenzten keilförmigen Ausschnitt des Ektoplasmas, innerhalb dessen die gesamte Körperstreifung, nämlich Rippen- und Zwischenstreifen mitsamt den in letzteren hinziehenden Myonemen, sich verzweigt. Die Verästelung geschieht in der Weise, daß der linke Grenzstreif der Verästelungszone an seiner rechten Seite eine Anzahl von Seitenzweigen abgiebt, die also die adorale Wimperspirale, nicht aber den aboralen Pol erreichen. Gelegentliche Verästelungen außerhalb der beschriebenen Zone, die man oft genug beobachten kann, führt Schuberg auf Verletzungen des Ektoplasmas zurück, ob mit Recht, erscheint mir zweifelhaft. Stein beobachtete mehrfach einzelne Streifen, die vom aboralen Pol ausgehen, die Wimperspirale jedoch nicht erreichen. Diese Beobachtung, die Bütschli [1]) für unwahrscheinlich hält und Schuberg nicht erwähnt, kann ich aus vielfacher Anschauung bestätigen. Das Peristomfeld besitzt sein eigenes Streifensystem, das parallel der adoralen Wimperspirale in nahezu halbkreisförmigem konzentrischem Verlauf hinzieht, und gleichfalls in den Zwischenstreifen Myoneme enthält.

Die vorhin erwähnten, vermutlich nervösen Organellen konnte ich nur in dem zuerst beschriebenen Streifensystem feststellen, und zwar in der Form von Fibrillen, welche die Myoneme innerhalb der Zwischenstreifen begleiten, jedoch deutlich von ihnen zu unterscheiden

[2]) Bronn's Klassen u. Ordnungen: Bütschli, Protozoen. 1880—89.

sind. Am deutlichsten wurde diese Verdoppelung der in den Zwischenstreifen eingeschlossenen Fibrillen bei der von MALLORY angegebenen Dreifachfärbung:

Vorfärbung mit Säurefuchsin,
Beizung mit Phosphormolybdänsäure,
Nachfärbung mit einem Gemisch von Anilinblau, Orange G., Oxalsäure und dest. Wasser.

Bei dieser Methode färbt sich der Kern rot bis orange oder blau, das Entoplasma dunkelblau, die Myoneme deutlich rot. Der übrige Teil der Zwischenstreifen bleibt farblos, während die Rippenstreifen sich blau färben. Es erscheint nun innerhalb der Zwischenstreifen, noch mehr peripher gelagert als die Myoneme, ein dunkel violett gefärbtes zweites Fibrillensystem, das bei gut gelungener Färbung schon mit schwächeren Vergrößerungen (LEITZ, Obj. 5 oder 7, Ocular 2) deutlich zu sehen ist. Für Totalpräparate wegen der gleichmäßigen Färbung aller Elemente weniger günstig, jedoch für Schnitte gut brauchbar ist die Tinktion mit Eisenhämatoxylin und eine andere, gleichfalls von MALLORY angegebene Methode: Beizung mit 10% Eisenchloridlösung und Färbung mit wässeriger Hämatoxylinlösung. Auch Säurefuchsin allein giebt bei dünnen Schnitten deutliche Bilder.

Bei Totalpräparaten empfiehlt es sich wegen der Undurchsichtigkeit des starkgefärbten Entoplasmas, die Objekte durch Klopfen zu zertrümmern oder dadurch zu zerreißen, daß man nach der Einbettung des Objektes in Kanadabalsam das Deckglas noch einmal aufhebt. Die hierbei losgerissenen Fetzen des Ektoplasmas zeigen deutlich den Verlauf der oben beschriebenen verschieden gefärbten Fibrillen.

Um möglichst große Stücke des losgelösten Ektoplasmas zu erhalten, empfielt es sich, die lebenden Stentoren in schwach mit Methylenblau gefärbtes Wasser zu bringen und den Zeitpunkt abzupassen, in dem das Tier das ganze Ektoplasma abwirft und abstirbt. Die abgeworfenen Ektoplasmastücke, die sich bald auflösen, fixiert man sofort und färbt sie nach der angegebenen Methode. Die Methylenblaufärbung selbst ergiebt keine Resultate, da sich immer nur die Rippenstreifen stark blau färben. Bei all diesen gewaltsamen Methoden ergeben sich natürlich leicht Verzerrungen und Verlagerungen der Elemente, so daß es schwer ist, den normalen Verlauf der Fibrillen genau zu verfolgen. Insbesondere werden die von mir neu aufgefundenen Fasern, für die ich nach Analogie des HAECKEL'schen Ausdruckes „Myophane“ die Bezeichnung „Neuro-

phane“ vorschlagen möchte, leicht in die unteren Schichten des Ektoplasmas hineingezerrt. Die beste Übersicht geben Präparate, auf denen diese Verlagerung nur schwach eingetreten ist, so daß die Neurophane, anstatt normalerweise direkt über den Myophanen hinzuziehen, direkt neben ihnen herlaufen.

Nach den besten und am wenigsten deformierten Totalpräparaten scheinen die Neurophane direkt oberhalb der Myophane mit diesen parallel zu verlaufen, und zwar vom aboralen Pol bis etwa zum Äquator des Tieres vollständig deutlich. Hier endigen viele der Neurophane mit einem etwas verdickten Knöpfchen, andere scheinen dünner und schwächer zu werden und verschwinden schließlich ganz, während die Myophane unverändert bis zur adoralen Wimperspirale fortlaufen. Einen Verlauf der Neurophane aber weit über den Äquator hinaus konnte ich an Totalpräparaten nie beobachten.

Die hieran gewonnenen Anschauungen werden aufs glücklichste ergänzt durch die Betrachtung der Querschnitte. Da man beim Anfertigen von Schnitten nicht wie bei Flächenpräparaten durch die Kontraktion des Tieres und durch die starke Färbbarkeit des Entosarks gehindert wird, kann man Konservierungsmethoden anwenden, die, abgesehen von der starken Kontraktion der Objekte, den ganzen Organismus möglichst unverändert erhalten und Verzerrungen und Verlagerungen der Organellen vorbeugen. Am besten bewährte sich hier folgende, mir von Herrn v. Gronkowski gütigst mitgeteilte Mischung:

20 ccm Formol 8 %
20 „ Kal. bichrom. 2 %
1 „ Eisessig,

der unmittelbar vor dem Gebrauch ein Tropfen Osmiumsäure 1 % zugesetzt wurde.

An dünnen Schnittserien fand ich die elliptischen Querschnitte der Myophane in ziemlich gleichen Abständen nahe der Peripherie gelagert, den längsten Durchmesser der Ellipse nach dem Centrum des Tieres gerichtet. Die gleichfalls elliptischen Querschnitte der Neurophane, mit ihrem längsten Durchmesser senkrecht zu dem der Myophane gestellt, lagern etwas peripher von den letzteren.

Zu fast jedem Myonem gehört ein Neurophan, das es in der Flächenansicht ungefähr decken muß. Dieses Verhältnis der beiden Fibrillen bleibt unverändert etwa bis zum Äquator des Tieres; von da an nimmt der Durchmesser des Neurophanquerschnittes an Ausdehnung rasch ab und verschwindet in der Nähe der adoralen Wimperspirale ganz. Einige Myophane scheinen von keinem

Neurophan begleitet zu sein. Doch konnte ich eine Gesetzmäßigkeit in diesen Verhältnissen nicht feststellen. Bei Verzweigungen des Myophans scheint sich das Neurophan nicht immer oder wenigstens nicht immer an derselben Stelle gleichfalls zu verzweigen. Jedoch verzweigen sie sich oftmals unregelmäßig und unabhängig von den Myonemen. Auch scheinen sie oft plötzlich von einem Myophan auf das nächstliegende oder über dieses hinweg auf ein drittes überzuspringen, ohne daß ich den Eindruck hätte, als beruhe dieses Verhalten auf gewaltsamer Verlagerung bei der Präparation.

Wie aus der Betrachtung der Querschnittsbilder ohne weiteres hervorgeht, müssen die Neurophane in der aboralen Körperhälfte des Tieres in der Flächenansicht wesentlich stärker erscheinen als die Myophane. Die Dicke der ersteren beträgt etwa 2 μ, die der Myophane, wie auch Bütschli angiebt, 1 μ.

Es erscheint mir hier angebracht, darauf hinzuweisen, daß vielleicht schon August Brauer 1885 („Bursaria truncatella etc.“; Jenaische Zeitschrift, Bd. 19) die von mir hier beschriebenen Gebilde gesehen hat. Die betreffende Stelle in der erwähnten Arbeit lautet:

„Wir müssen annehmen, daß vom Peristom aus ebenso wie vom Saugnapf Fasern entspringen, welche verschieden weit unter der Cuticula hinauf- resp. hinunterlaufen. Die Fasern sind nämlich am untersten Ende des kontrahierten Körpers am stärksten, und diese Stärke reicht bis zu einer gewissen Höhe, etwa bis zu $^1/_3$ des Körpers hinauf, so daß scheinbar eine Ringzone entsteht . . . . Nach oben zu werden sie beträchtlich dünner und sind bald nicht mehr zu erkennen, wohl deshalb, weil sie fehlen. Andere sieht man dagegen wieder unterhalb des Peristoms auftreten.“

Wenn ich diese Stelle richtig verstehe, so hat Brauer unter den vom Saugnapf entspringenden dicken Fasern die Neurophane verstanden, die in der That von der angegebenen Zone an schwächer werden und schließlich ganz verschwinden; unter den vom Peristom ausgehenden verstand er die Myoneme, die eben bei normaler Lage im aboralen Körperabschnitt unter den Neurophanen verschwinden.

Es lag nahe, diese Untersuchungen auch auf andere mit Myonemen ausgerüstete Infusorien auszudehnen. Bei Spirostomum ambiguum, das mir nur in geringer Menge zur Verfügung stand, erschwert die außerordentliche Feinheit der Elemente den Nachweis; jedoch gelang es in einzelnen Fällen, vermittelst der oben angeführten Dreifachfärbung eine Verdoppelung der in den Zwischenstreifen hinziehenden Fibrillen zu erkennen. An Vorticellinen (Carchesium und Epistylis) konnte ich trotz wiederholter Versuche nichts finden, was der ge-

schilderten Erscheinung analog wäre; auch aus anderen, später zu besprechenden Gründen glaube ich, daß die Vorticellinen mit den vorgenannten Infusorien in diesem Punkte nicht verglichen werden dürfen.

Was mir sonst noch über die hier beschriebenen Gebilde festzustellen gelang, ist äußerst dürftig. Sicher erscheint nur, daß sie sich von den Muskelfibrillen sowohl morphologisch wie funktionell erheblich unterscheiden. Schon die oben erwähnte verschiedene Färbbarkeit spricht hierfür. Daß die Neurophane die Kontraktilität der Myoneme nicht teilen, geht klar aus ihrem Verhalten bei stark kontrahierten Tieren hervor. Während nämlich bei diesen die Muskelfibrillen, ihrer Funktion gemäß, sich verkürzt und, besonders im aboralen Körperdrittel, oft fast bis auf das Dreifache verdickt zeigen, bleiben die Neurophane ersichtlich stets gleich lang und gleich dick; im kontrahierten Tiere liegen sie schlaff und etwas geschlängelt über dem Myonem in dem Zwischenstreifen.

Auch in ihrem Verhalten gegen Reagentien unterscheiden sich die Neurophane von den Muskelfibrillen durch ihre ungemein starke Neigung zum Verquellen. An schlecht konservierten Präparaten kann diese Verquellung so weit gehen, daß die Fibrillen streckenweise das rosenkranzartige Aussehen der Kerne von Stentor coeruleus imitieren.

Aber auch bei den best konservierten Exemplaren zeigen sie ein varicöses Aussehen, das stark an die Nervenfibrillen von Hydra erinnert. Ich möchte diese rein äußerliche Ähnlichkeit nicht etwa als Beweis für die nervöse Natur der in Rede stehenden Organellen anführen, sondern nur als Unterscheidungsmerkmal gegenüber den lange bekannten Myonemen.

Die einzige Möglichkeit, meine Vermutung wahrscheinlich zu machen, daß es sich hier thatsächlich um nervöse Gebilde handelt, lag in toxikologischen Experimenten. Gelingt der Nachweis, daß gewisse Gifte, die bei Metazoen notorisch die Nerven affizieren, bei Stentor und Spirostomum im Gegensatz zu anderen Protozoen eine analoge Wirkung ausüben, so ist das Vorhandensein nervöser Organellen bei diesen hochdifferenzierten Ciliaten anzunehmen. Es wird dann mindestens sehr wahrscheinlich sein, daß die Träger der nervösen Funktion eben die bei anderen Ciliaten nicht nachzuweisenden Neurophane seien.

Die von mir angewandten Agentien, die mir den gewünschten Beweis zum Teil mit großer Schärfe lieferten, waren Morphin in salzsaurer, Strychnin in salpetersaurer Lösung, ferner Atropin, Akonitin, Coffein, Curare, Bromnatrium, Physostigmin, Pikrotoxin,

Nicotin rein. Die Lösungen wurden sämtlich mit Brunnenwasser hergestellt.

Ich begann mit der Übertragung einer Anzahl von Stentoren in 1 % Lösung von Morphinum hydrochlor. Zur Kontrolle setzte ich noch Paramaecium, Stylonichia, Didinium nasutum und Amoeba proteus zu. Es gelang in vielen Fällen, diese Infusionen im Uhrschälchen vierzehn Tage und länger am Leben zu erhalten. Während die sämtlichen anderen Protozoen in ihrem Verhalten niemals eine Veränderung wahrnehmen ließen, zeigten sich die Stentoren gewöhnlich schon nach Verlauf einer halben Stunde außerordentlich träge; sie saßen lang ausgestreckt im Schlamm fest und büßten ihre Empfindlichkeit gegen Erschütterung und taktile Reize immer mehr ein. Nach Verlauf von etwa zwei Tagen konnte man sie mit der Präpariernadel derb anstoßen oder im Wasser umherrollen, ohne daß darauf Kontraktion eintrat. Jedoch erfolgte auf Zusatz beliebiger Konservierungsflüssigkeiten stets eine langsame, aber vollständige Kontraktion. Derselbe Versuch, an einigen Exemplaren von Spirostomum ambiguum ausgeführt, ergab das gleiche Resultat.

Eine Anzahl von Stentoren, fünf Tage lang in 2 ccm Morphinlösung von 0,5 % gezüchtet, zeigte nach dieser Zeit ihre Empfindlichkeit gegen taktile Reize auf ein Minimum reduziert. Die schon genannten anderen Protozoen ließen eine Veränderung in ihrem Verhalten nicht erkennen; Teilung, Konjugation (Paramaecium, Stylonichia) und Nahrungsaufnahme (Didinium, Amoeba) nehmen ihren normalen Verlauf; eine Abnahme oder Erhöhung der Beweglichkeit ist nicht zu bemerken.

Es wurden nun der Infusion 3 Tropfen 0,15 % Atropinlösung zugesetzt, da vielfach Atropin als Antidot bei Morphinvergiftung empfohlen wird. Einen wirklichen Antagonismus beider Gifte stellt Kunkel (Handb. d. Toxikologie, Jena, 1901, p. 811) in Abrede, obgleich jedes von ihnen als Antidot gegen das andere im Gebrauch ist. Nachdem sich aber bei meinen Untersuchungen an so niedrigen und verhältnismäßig einfachen Organismen deutlich eine Aufhebung der Morphinwirkung nach Atropinzusatz ergeben hat, dürfte diese Ansicht doch vielleicht der Rektifizierung bedürfen. Nach weiteren drei Tagen nämlich hatten die Stentoren langsam ihre volle Reizbarkeit wiedererlangt.

Wieder vier Tage später waren sämtliche Stentoren abgestorben, die übrigen Protozoen zeigten keine Veränderung. Auch die in reinen Morphinlösungen gezüchteten Stentoren und Spirostomen starben gewöhnlich nach 10—14 Tagen ab, während die übrigen

Protozoen irgend eine Beeinflussung durch das Gift nicht erkennen ließen.

Als prompt wirkendes Antidot gegen Morphin erwies sich in Übereinstimmung mit KUNKEL's[1]) Angaben das Pikrotoxin (in wässeriger Lösung). Die betreffenden Versuche werden später erwähnt werden.

Bromnatrium machte einen ähnlichen Einfluß geltend wie Morphin. In 0,02 % Lösung zeigten sich die Stentoren zwar nie so vollständig ausgestreckt, aber ebenso unempfindlich gegen Berührung wie in Morphinlösung. Ein Exemplar wurde mit der Nadel in der Mitte durchgerissen, ohne Kontraktionsbewegungen gezeigt zu haben. Nach einigen Tagen starben die Stentoren in der Lösung ab, die übrigen Infusorien mehrere Tage später. Eine Giftwirkung auch auf das Protoplasma behindert überhaupt wesentlich das Experimentieren und die Deutung der Befunde.

Eine ähnliche lähmende Wirkung brachten fast alle von mir angewandten Agentien hervor, so besonders Akonitin, Nikotin, Physostigmin, in schwächerem Grade Atropin, Pikrotoxin und Strychnin.

Bei letzterem Gifte gelang es mir trotz vielfach wiederholter Versuche nicht, die erwartete, der Lähmung vorausgehende Erhöhung der Empfindlichkeit sicher nachzuweisen. Der Grund hierfür dürfte vielleicht in der stark toxischen Protoplasmawirkung des Strychnins liegen, die ein Arbeiten mit stärkeren Lösungen unmöglich macht und auch bei schwachen Lösungen das Vergiftungsbild sehr trübt (bei 0,00075 % waren schon nach kurzer Zeit alle Protozoen abgestorben).

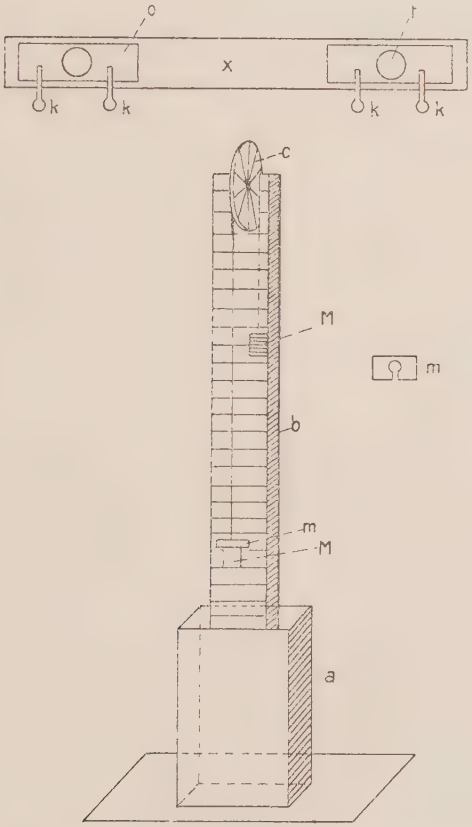
Um so wertvoller ist der Befund bei Versuchen mit Coffein. Stentor und Spirostomum, in eine 0,005 % Lösung gebracht, zeigten schon nach kurzer Zeit eine garnicht zu verkennende Erhöhung der Empfindlichkeit gegen Erschütterung und taktile Reize, ganz analog den Erscheinungen, die das Coffein bei höheren Tieren hervorruft.

Da nun aber alle bisherigen Versuche nicht gestatten, die Erhöhung oder Verminderung der Reizbarkeit exakt festzustellen oder gar nach irgend einem Maßstabe zu messen, so konstruierte ich mir einen kleinen Apparat nach dem Muster der im physikalischen Unterricht gebräuchlichen Fallmaschine.

Auf dem Fußgestell a, das die Höhe des Objekttisches besitzt, ist das 15 cm hohe Stativ b aufgerichtet, das mit einem Maßstab versehen ist. Auf der Spitze ist ein Rädchen c angebracht, über

[1]) A. a. O. p. 932 f.

dessen Rinne eine Schnur mit den beiden je 50 gr schweren Gewichten M läuft. Hänge ich nun auf der einen Seite ein Übergewicht m an, so fällt dieses mit dem einen Gewicht M bis zur Höhe des Objektträgers herab, wobei das zweite Gewicht M auf der anderen Seite in die Höhe gezogen wird. Natürlich nimmt die Schnelligkeit und Wucht des Falles zu, wenn das Übergewicht m



oder die Fallhöhe vergrößert werden. Ich lege nun quer über zwei Objekttische das an beiden Enden durchbohrte dünne Brettchen x und befestige jedes Ende mitsamt einem Objektträger o vermittelst zweier Klammern k auf dem Objekttisch. Bringe ich nun auf jeden Objektträger gerade über der Öffnung f einen Tropfen der Infusion, so steht er für zwei Beobachter frei, das Verhalten der Tiere in dem Augenblick festzustellen, wo das Gewicht M + m auf die Mitte des Brettchens x auftrifft und die gewünschte Erschütterung hervorruft.

Die lebendige Kraft, mit der das Gewicht auf das Brettchen auffällt, läßt sich aus den bekannten Größen leicht berechnen und durch die physikalische Einheit „Erg." ausdrücken.

Ich setze die Masse des Übergewichtes in Gramm = m,
die Masse jedes der beiden konstanten Gewichte = M,
die Geschwindigkeit im Momente des Auffallens = v,
die durchmessene Höhe = h (in cm),
die Erdbeschleunigung g = 10 (genauer 9,81).

Hierdurch erhalte ich die Formeln:

$$\text{Die gesuchte Größe } x = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{2 g h \frac{m}{m + 2 M}}$$

$$x = \frac{1}{2} m 2 g h \frac{m}{m + 2 M} = \frac{g h m^2}{m + 2 M}$$

$$g = 10$$
$$M = 50$$

$$x = \frac{10 h m^2}{m + 100} \text{ Erg.}$$

Hänge ich z. B. ein Übergewicht von 20 g an und lasse das Ganze von 10 cm Höhe herabfallen, so erhalte ich das Resultat:

$$x = \frac{10 \cdot 10 \cdot 20^2}{20 + 100} = \frac{100 \cdot 20}{6} = 333 \text{ Erg.}$$

Der größeren lebendigen Kraft, mit der die Gewichte das Brettchen treffen, entspricht selbstverständlich eine stärkere Erschütterung des letzteren, bis zu einer gewissen Grenze nämlich, die sich jedenfalls nach der größeren oder geringeren Elastizität des Brettchens richtet.

Vermittelst dieses einfachen Apparates gelang es mir, und jedenfalls mit größerer Exaktheit als sonst möglich wäre, von Fall zu Fall die Empfindlichkeit der auf dem Objektträger befindlichen Stentoren gegen Erschütterung festzustellen. Durch die vielfach wiederholten und kontrollierten Versuche gelangte ich zur Aufstellung der folgenden Tabelle, die natürlich nur für die von mir geschaffenen Bedingungen, insbesondere nur bei dem von mir verwendeten Brettchen, Gültigkeit besitzt. Die Tabelle drückt in der Einheit Erg. die geringste Kraft aus, die ich jeweils auf das Brettchen wirken ließ und dabei beim ausgestreckten, im Schlamme festsitzenden Stentor coeruleus Kontraktion erzielte. Die Schwankungen bei den einzelnen Versuchen waren äußerst geringfügig.

Stentor coeruleus, normal, 24 Stunden im Uhrglas gezüchtet, Kontraktion bei **170—190 Erg.**

St. coer. 24 Stunden in	Coffein	0,005 %	**60 Erg.**
„ „ „ „ „	Strychnin	0,00015 „	**240 Erg.**
„ „ „ „ „	Pikrotoxin	0,005 „	**560 Erg.**
„ „ „ „ „	Atropin	0,01 „	**600—700 Erg.**
„ „ „ „ „	Physostigmin	0,005 „	**700 Erg.**
„ „ „ „ „	Bromnatrium	0,0015 „	**700 Erg.**
„ „ „ „ „	Nikotin	0,006 „	**900—1000 Erg.**
„ „ „ „ „	Akonitin	0,005 „	**6480 Erg.**
„ „ „ „ „	Morphin	0,015 „	

zeigt selbst bei **11 200 Erg.**, der höchsten Leistung, die ich mit meinem kleinen Apparat erzielen konnte, keine Kontraktion.

Versuche, die über 48 und mehr Stunden ausgedehnt wurden, zeigten ziemlich genau das gleiche Resultat in allen Fällen, wo die Tiere nicht in der Zwischenzeit abgestorben waren, wie besonders meist bei Strychnin und Bromnatrium.

Von Spirostomum ambiguum stand mir leider niemals genug Material zur Verfügung, um diese Versuche gleich systematisch auch an diesem Infusor zu wiederholen. Es genüge daher die Bemerkung, daß sich prinzipielle Unterschiede in der Wirkung der einzelnen Gifte in keinem Falle ergaben.

Einige weitere Versuche mit antagonistisch wirkenden Agentien zeigten gleichfalls interessante Resultate. Es wurden z. B. Stentoren in Nikotinlösung fünf Tage lang erhalten. Am fünften Tage war die Lähmung so stark, daß erst bei einem Schlag von 2250 Erg. Kontraktion erfolgte. Nach Zusatz von zwei Tropfen 0,16 % Atropinlösung zu 2 ccm Nikotinlösung von 0,006 % wurde innerhalb einer Viertelstunde die Empfindlichkeit der in Rede stehenden Ciliaten wieder auf ihr normales Maß gebracht; d. h. die Tiere reagierten prompt durch Kontraktion auf Schläge von 200 Erg.

Ähnlich verhält es sich bei den schon erwähnten Versuchen mit Morphin und seinen beinen Antidoten Atropin und Pikrotoxin. Die in Morphinlösung gezüchteten Stentoren reagieren wie gesagt nach 24 Stunden auf den stärksten mit meinem Apparat hervorgebrachten Schlag (Übergewicht 175 g; Höhe 10 cm; x = circa 11 200 Erg.) nicht mehr, und diese Lähmung bleibt erhalten, so lange die Tiere in der Lösung am Leben erhalten werden können. Nach Zusatz von 3 Tropfen Atropinlösung 0,16 % zu 2 ccm geht die Lähmung innerhalb 24 Stunden soweit zurück, daß die Tiere auf 400—600 Erg. durch Kontraktion reagieren. Setzte ich einer gleichen

Quantität Morphinlösung drei Tropfen Pikrotoxin 0,02 % zu, so reagierten die Stentoren schon nach einer Stunde auf Schläge von 500 Erg.

Ausdrücklich zu erwähnen ist noch, daß bei allen bisher besprochenen Agentien auch die stärkste Lähmung niemals gestattete, das betreffende Infusor in ausgestrecktem Zustande zu konservieren. Versuche mit Sublimat, Osmiumsäure, Flemming'scher Lösung und Perenyi'schem Gemisch ergaben das gleiche negative Resultat. Auch heiße Sublimatlösung ergab kein anderes Resultat als bei in normalem Wasser gezüchteten Tieren; d. h. einige wenige Exemplare wurden in nicht vollständig kontrahiertem Zustande fixiert.

Es erübrigt nun noch die Besprechung der eigenartigen Erscheinungen, die ich bei Versuchen mit Curarelösung beobachtete. Auch das Curare besitzt neben seiner typischen Wirkung bekanntlich noch eine schwache Protoplasmawirkung, und dieser Umstand verhindert leider das Gelingen langdauernder Versuche mit schwachen Lösungen. Ich konnte daher in Curarelösungen von allmählich steigender Konzentration niemals Lähmungserscheinungen an den Tieren beobachten, sondern nur das vorzeitige Absterben der Ciliaten. Aber die Experimente mit starken Lösungen (ein Tropfen 0,5 % Curarelösung einem Tropfen der Infusion auf dem Objektträger hinzugefügt) ergaben Resultate, die sofort den Unterschied in der Wirkung dieses Giftes von derjenigen der bisher besprochenen erkennen ließen. Spirostomum ambiguum und Stentor coeruleus wurden im Wassertropfen auf den Objektträger gebracht und ein Tropfen Curarelösung 0,5 % zugesetzt. Beide Tiere zogen sich sofort heftig zusammen. Bei Stentor trat, auch wenn die Curarelösung 0.1 % stark war, gleich darauf der Tod ein, wobei die Kontraktion oft so energisch war, daß die Rippen- und Zwischenstreifen zerrissen. Spirostomum dagegen streckt sich sofort wieder aus, schwimmt dann einige Minuten unter beständigen lebhaften Kontraktionen umher, die aber bald an Heftigkeit abnehmen. Schließlich wird auch die Ortsbewegung immer träger, bis nach 5 oder 10 Minuten das Infusor lang ausgestreckt, lebhaft wimpernd liegen bleibt und auf Erschütterung oder taktilen Reiz durchaus nicht mehr reagiert. Allmählich erlischt das Wimperspiel, und plötzlich löst sich das Tier in Detritus auf. In dem eben beschriebenen Lähmungszustand nun läßt sich Spirostomum völlig ausgestreckt durch beliebige Fixierungsflüssigkeiten sehr schön konservieren. Kontraktion läßt sich beim curaresierten Tiere nur durch Zusatz starker Physostigminlösung auslösen, und zwar erfolgt die Kontraktion langsam und von Pausen unterbrochen, worauf das Tier

bald abstirbt und sich auflöst. In seltenen Fällen gelang es auch durch Atropin diese Wirkung in schwächerem Grade zu erzielen.

Die bei Spirostomum so leicht und sicher hervorgebrachte Curarelähmung, die auch beim Fixieren erhalten bleibt, konnte ich bei Stentor nur an tagelang mit Morphin vorbehandelten Exemplaren erzielen, und auch da erhielt ich die Tiere nie so vollständig ausgestreckt wie Spirostomum. Auch hier konnte ich wegen der Protoplasmagiftigkeit nur mit rasch wirkenden starken Lösungen arbeiten.

Wie wir gesehen haben, wirken die von mir versuchten Agentien bei Stentor und Spirostomum durchgehend analog wie bei höheren Tieren, während die anderen Protozoen eine Beeinflussung durch die meisten dieser Gifte nicht erkennen lassen. Bromnatrium, Strychnin und Curare, denen schon lange eine Plasmawirkung zugeschrieben wird, erweisen sich, auf die Dauer auch auf Amoeba oder Paramaecium angewandt, als tödlich, während z. B. Morphin in 1 %iger Lösung diese Organismen durchaus nicht verändert, ebenso wie Nikotin. Als ich z. B. Stentor coeruleus und Dileptus anser zusammen in einem Uhrgläschen mit Nikotinlösung 0,006 % züchtete, trat bei Stentor zunächst die schon beschriebene Unempfindlichkeit gegen Reizung ein; im Verlaufe von sechs Tagen starben die sämtlichen Stentoren ab, während Dileptus anser sich außerordentlich stark vermehrte.

Es dürfte wohl die nächstliegende und wahrscheinlichste Erklärung für das Verhalten von Stentor und Spirostomum in den genannten Lösungen sein, daß es sich hier wie bei höheren Organismen um eine Lähmung sensibler Gebilde handelt. Sehr gut würde zu dieser Annahme der Effekt stimmen, den Fixierungsflüssigkeiten auf die gelähmten Tiere machen. Wir hätten hierin eine direkte Einwirkung auf die durch das Gift nicht angegriffenen kontraktilen Elemente, die Myoneme, vor uns, eine durch den chemischen Reiz bedingte idiomuskuläre Bewegung.

Andererseits besitzen wir im Coffein ein Agens, das, wieder ganz analog den Befunden bei höheren Tieren, eine erhöhte Reizbarkeit eben der Elemente hervorruft, die die übrigen Substanzen lähmen.

Dieser Parallelismus der toxikologischen Erscheinungen zeigt sich ferner in dem Antagonismus zwischen Morphin und Atropin, Nikotin und Atropin etc.

Ganz anders ist jedenfalls die Curarewirkung aufzufassen, die übrigens Verworn [1]) für Spirostomum, Stentor, Carchesium vollständig

[1]) „Psycho-Physiologische Protistenstudien", p. 99.

in Abrede stellt, während nach meinen Erfahrungen schon eine Lösung von 0.0008% innerhalb 24—30 Stunden auf alle Protozoen tödlich wirkt (auf Stentor und Spirostomum noch viel rascher), und starke Lösungen die oben beschriebenen Erscheinungen immer zur Folge hatten. Curare lähmt bekanntlich bei höheren Tieren die motorischen Elemente, insbesondere die Nervenendigungen an quergestreiften Muskeln, und der Umstand, daß sich das curaresierte Spirostomum ambiguum fixieren läßt, ohne daß die idiomuskuläre Kontraktionsbewegung eintritt, macht einen ähnlichen Erfolg bei dem genannten Ciliat wahrscheinlich.

Nun wäre es allerdings nach meinem Dafürhalten eine etwas kühne Annahme, daß die nervösen Organellen unserer Ciliaten etwa schon in sensible und motorische Fibrillen differenziert wären, vielleicht unterschieden durch den Besitz des oben beschriebenen Endknöpfchens. Man könnte wohl ebensogut annehmen, daß die Myoneme selbst auch als motorische Bahnen funktionieren.

Auffallend ist nun das verschiedene Verhalten von Stentor und Spirostomum bei Curarevergiftung. Jedoch läßt sich dies vielleicht einfach erklären aus dem verschiedenen Verhalten der normalen Infusorien bei Reizungen. Spirostomum ambiguum, gegen mechanische Reize und Erschütterung weit reizbarer als Stentor coeruleus (es reagiert in normalem Zustande auf Schläge von 50—60 Erg.), ist ein ungemein bewegliches Tier. Auf jeden Reiz, der überhaupt stark genug ist, es zu irritieren, antwortet es durch schnelle Kontraktion, der aber ebenso schnell wieder eine Streckung folgt. Jeder stärkere oder länger andauernde Reiz wird durch eine Reihe rasch auf einander folgender Kontraktionen und Streckungen beantwortet. Stentor hingegen verharrt gewöhnlich in Kontraktion, und zwar um so länger, je stärker der Reiz war oder je länger er dauerte. Da nun Stentor überhaupt gegen chemische oder toxische Einwirkungen weit empfindlicher zu sein scheint als Spirostomum, so ließ sich das verschiedene Verhalten beider Ciliaten bei dem Hinzufügen starker Curarelösung schon voraussagen. Stentor kontrahiert sich sofort und verbleibt in Kontraktion, so lange der starke Reiz des Giftes anhält, und stirbt sehr rasch in kontrahiertem Zustande ab. Ob vor dem Tode eine Lähmung motorischer resp. kontraktiler Elemente eintritt, ist natürlich nicht festzustellen. Bei Spirostomum dagegen, das der Vergiftung des Plasmas weit länger Stand hält, tritt diese Lähmung sicher während des beständigen Aufeinanderfolgens von Kontraktion und Streckung allmählich ein, die Kontraktionen werden dadurch immer schwächer und schließlich ganz unmöglich.

Ein histologischer Unterschied ließ sich an den Myophanen beider Ciliaten nicht erkennen; die von Bütschli für Stentor coeruleus angegebene Querstreifung der Myophane konnte ich nie wahrnehmen, auch nicht bei der Betrachtung im polarisierten Licht und mit den stärksten Vergrößerungen.

Auch hier also haben wir es mit einer Erscheinung zu thun, die im Prinzip ganz den Phänomenen entspricht, die von höheren Tieren bekannt sind. Auch der Antagonismus von Physostigmin und Curare entspricht den schon bekannten Befunden. Die vorhin erwähnte Kontraktion des curaresierten Spirostomum nach Atropinzusatz war nie erheblich und konnte nicht sicher genug festgestellt werden. Doch wäre eine sichere Bestätigung dieser Beobachtung von Wichtigkeit, da nach Krukenberg [1]) am Blutegel, dessen motorische Nervenendigungen durch Curare völlig gelähmt sind, Atropin eine idiomuskuläre Kontraktion noch hervorruft. Gegebenenfalls müßte man also bei Spirostomum doch wohl motorische, mit den Myonemen nicht identische Bahnen annehmen.

Interessant war mir die Angabe Verworn's [2]), daß er bei Stentor coeruleus durch Übertragung in Chloroformwasser und durch Einwirkung von Chloroformdämpfen vollständige, später in frischem Wasser wieder verschwindende Narkose erzielt habe. Mir selbst gelang dieser Versuch nie; die erste sichtbare Einwirkung des Chloroform war immer gleich tödlich. Ich konnte bei dieser Gelegenheit nur feststellen, daß Stentor unter dem Einfluß von Chloroform-, Äther-, Kampfer- oder Osmiumsäuredämpfen viel rascher abstirbt als Spirostomum, also auch hier wie sonst immer gegen Giftwirkungen weit empfindlicher ist. Auffallend viel unempfindlicher gegen diese Dämpfe sowie gegen Strychnin und mehrere andere Gifte zeigte sich Carchesium. Im übrigen gelang es mir bei Peritrichen ebenso wenig, analoge Giftwirkungen, die auf die Anwesenheit nervöser Gebilde hindeuten, festzustellen, als ich den Neurophanen ähnliche Gebilde hatte finden können.

Um nun also unsere Resultate kurz zusammenzufassen: wir haben durch die oft und sorgfältig wiederholten toxikologischen Versuche bei Stentor coeruleus und Spirostomum ambiguum zweifellos eine so auffallende Übereinstimmung mit den Wirkungen auf die Nerven höher organisierter Tiere festgestellt, daß wir wohl unbedingt

[1]) Vergleichend-physiologische Studien an den Küsten der Adria. Heidelberg 1880. Erste Abteilung: Vergleichend-toxikologische Untersuchungen.

[2]) a. a. O. p. 100f.

das Vorhandensein nervöser Organellen bei diesen Tieren annehmen müssen. Diese Organellen sind nicht identisch mit den Myophanen. Sicherlich existieren derartige sensible Differenzierungen, vielleicht auch besondere motorische. Auf die Wimperbewegung scheinen diese Elemente keinen Einfluß auszuüben, sondern nur auf die Bewegung der Myoneme. Mit Wahrscheinlichkeit läßt sich annehmen, daß die nervösen Funktionen von den „Neurophanen" versehen werden, die ich bei Stentor und Spirostomum auffand und in ihrem Verlauf bei Stentor coeruleus genauer verfolgen konnte. Wir haben also hier in der That eine einzige Zelle vor uns, die nicht nur alle Thätigkeiten eines höheren Organismus ausführt, sondern auch für jede einzelne derselben ein besonders differenziertes Zellorgan besitzt. Mit dem „Neurophan" dürfte die Zahl dieser Zellorgane vollständig geworden sein; denn bekannt waren schon die kontraktile Vakuole als Exkretions-, vielleicht auch Respirationsorgan, der Nebenkern als Centrum geschlechtlicher Thätigkeit, ferner die Muskelfibrillen, während die Funktion des Darmes vom Entoplasma vermittelst der Nahrungsvakuolen ausgefüllt wird.

Es lag wohl nahe, außer den gefundenen noch weitere nervöse Elemente in der Gegend des Peristoms, als der empfindlichsten Partie des Stentor, zu suchen, wie dies auch Schuberg gethan hat. Jedoch gelang es mir trotz meiner Bemühungen nicht, an dieser Stelle etwas zu finden, was man mit Wahrscheinlichkeit als nervöses Gebilde hätte ansprechen können. Vor allem zeigten sich, wie schon erwähnt, die sehr feinen Myophane des Peristomfeldes niemals von Neurophanen begleitet.

Es glückte mir aber bei dieser Gelegenheit, mich über den Bau der Basalapparate der Membranellen genau zu informieren. Schuberg [1]) hat diese Verhältnisse nicht ganz richtig, nämlich zu einfach, beschrieben. Die von ihm behauptete „bilamellöse Struktur" der Membranellen kann ich bestätigen. Seine Angaben jedoch über die Befestigung der Membranellen sind folgende:

Nach ihm setzen sich die Membranellen in Gestalt eines dreieckigen Plättchens, der „Basallamelle", in das Körperinnere fort. Die Spitze der Basallamelle soll in ein nach vorn gekrümmtes Fädchen auslaufen, das „Endfädchen". Diese sämtlichen Endfädchen sollen sich in einer sogenannten „Basalfibrille" vereinigen, welche der adoralen Zone in ihrem ganzen Verlaufe folgt. In Wahrheit sind diese Verhältnisse wesentlich komplizierter.

[1]) A. a. O. p. 207 ff.

Zum Verständnis dieser Verhältnisse scheint es mir angezeigt, die von Stein [1]) und später noch von Schuberg [2]) gegebene Schilderung des Peristoms hier kurz zu rekapitulieren. Das ganze Peristom oder „Stirnfeld" (Schuberg) ist gegen den übrigen Körper des Tieres durch die adorale Wimperspirale abgegrenzt. Diese Wimperzone umzieht annähernd kreisförmig das Vorderende des Tieres (eben das Stirnfeld). Anstatt aber den Kreis vollständig zu schließen, schlägt sie sich kurz vorher spiralig ein und dringt in die Tiefe. Das Stirnfeld folgt hier dem Wimperstreifen und bildet so die „Peristomtasche" und den „Schlund" (Stein).

Jedoch geht dieser „Schlund", wie Schuberg bemerkt, so kontinuierlich in das Peristomfeld über, daß eine scharfe Trennung beider Teile nicht möglich ist. Von hier führt nach Schuberg eine schiefe Rinne an die Stelle, wo die adorale Wimperspirale ihr Ende findet, und mangels einer Fortsetzung der Cuticula das Entoplasma frei zu Tage tritt, an den „Mund". An diese Mundöffnung nun setzt sich der entoplasmatische „Schlund" Schuberg's an. Das von der Cuticula bedeckte Stirnfeld nun zeigt seine eigene Myophanstreifung, die der Wimperspirale parallel verläuft; Neurophane konnte ich, wie gesagt, hier nicht finden. (Vgl. zu dieser Schilderung in Schuberg's mehrfach angezogener Schrift Fig. 2, 3, 4.)

Die adorale Wimperspirale nun, um die es sich hier allein handelt, ist nach außen durch einen schmalen, pigmentfreien Streifen, den „Randstreif" Schuberg's, begrenzt. Sie ist in ihrer ganzen Länge mit Membranellen besetzt, d. h. mit Reihen fest und dauernd verklebter Wimpern.

Bütschli und Schewiakoff [3]) haben zuerst für die Membranellen von Stentor die von Schuberg [4]) schon bei Bursaria konstatierte „bilamellöse Struktur" festgestellt, d. h. die Zusammensetzung einer Membranelle aus zwei neben einander stehenden Wimperreihen.

Die oben (p. 18) wiederholte Schilderung Schuberg's von der Befestigung der Membranellen im Körperinnern also ist es, die nicht ganz richtig ist, insofern, wie gesagt, die Verhältnisse in Wahrheit noch komplizierter sind.

---

[1]) Organismus der Infusionstiere. II. Abteilung. Leipzig 1867.

[2]) A. a. O. p. 202 ff.

[3]) Bütschli, Protozoen. p. 1335.

[4]) Schuberg, Über den Bau der Bursaria truncatella. Morphol. Jahrb. 1886. Bd. 12.

Jede Membranelle scheint zwei verschiedene Fortsätze („Basallamellen") ins Körperinnere zu senden, wo sie sich ganz verschieden verhalten. Betrachtet man nämlich das Peristomfeld von oben, so sieht man bei oberflächlicher Einstellung die Membranellen, resp. ihre Basallamellen, sich ganz einfach etwa bis zu dem Punkte hinziehen, wo sie auf die Schuberg'sche „Basalfibrille" treffen sollten; bei etwas tieferer Einstellung bemerkt man, daß diese angebliche „Basalfibrille" aus den rechtwinklig umgebogenen, stark verdickten „Endfädchen" der Basallamellen besteht. Sie sind alle nach einer Richtung umgebogen, berühren sich aber unter einander nicht, so daß thatsächlich die „Basalfibrille" sich bei genauerem Zusehen in ebenso viele Teile auflöst, als Membranellen vorhanden sind.

Bei noch tieferer Einstellung verschwinden diese Gebilde, und es zeigen sich weitere Fortsätze, die noch tiefer ins Protoplasma, bis zum Randstreif des Stirnfeldes (Schuberg) verlaufen. Diese letzteren Fortsätze gabeln sich teils schon auf der Höhe der sogenannten „Basalfibrille", teils erst weiter innen. Einzelne Gabelenden von benachbarten Fortsätzen scheinen sich manchmal unter einander zu vereinigen. Im ganzen entsteht hier eine arkadenähnliche Figur, die auf dem Randstreif als Basis ruht. Außerdem erscheint die ganze Zone vom Randstreif bis zu den hakenförmigen Umbiegungen der Endfädchen aus einer Art von Membran zu bestehen. Dadurch, daß diese ganze membranöse Zone sich bei losgelösten Peristomfeldern oft nach innen umschlägt, wird leicht das Bild einer „Basalfibrille" vorgetäuscht.

Die große Komplikation dieses Apparates, die mehr zu bedeuten scheint als eine Befestigung der Membranellen im Protoplasma, legt die schon von Schuberg angedeutete Vermutung nahe, daß vielleicht auch diese Gebilde, wenigstens zum Teil, nervöse Funktion haben könnten. Jedoch spricht der schwerwiegende Umstand dagegen, daß mir bei meinen Vergiftungsversuchen ein Einfluß der Nervengifte auf die Wimperbewegung niemals aufgefallen ist.

Vorstehende Arbeit wurde auf Veranlassung des Herrn Professor Dr. R. Hertwig im Sommer 1902 im zoologischen Institut zu München ausgeführt.

Ich ergreife die Gelegenheit, um meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Hertwig, an dieser Stelle meinen tiefgefühlten Dank

für seinen anregenden Unterricht sowohl, wie für sein freundliches Interesse an dem Fortgange der Arbeit auszusprechen. Zugleich danke ich herzlichst Herrn Dr. Scheel für seine stets liebenswürdige Unterstützung mit Material und mit seinem geschätzten Rat.

München, November 1902.

Litteraturverzeichnis.

1) Stein: Der Organismus der Infusionstiere. Leipzig 1867.
2) Ernst Haeckel: Zur Morphologie der Infusorien. Jenaische Zeitschrift Bd. VII, 4. 1873.
3) Richard Greeff: Untersuchungen über den Bau und die Naturgeschichte der Vorticellen. Archiv f. Naturgesch. 1870, I. 1871, I.
4) Rossbach: Die rhythmischen Bewegungserscheinungen der einfachsten Organismen und ihr Verhalten gegen physikalische Agentien und Arzneimittel. Arbeiten des zool. Inst. Würzburg. 1874.
5) O. Bütschli: Protozoen. (In Bronn's Klassen u. Ordnungen d. Tierreichs.) 1880—1889.
6) Krukenberg: Vergleichend-physiol. Studien an den Küsten der Adria. Heidelberg 1880. I. Abt. Vergl. toxikologische Untersuchungen als experimentelle Grundlage für eine Nerven- und Muskelphysiologie der Evertebraten.
7) August Brauer: Bursaria truncatella unter Berücksichtigung anderer Heterotrichen und der Vorticellinen. Jenaische Zeitschr. für Naturwissensch. Bd. 19. (Neue Folge Bd. 12.) Jena 1886.
8) Schuberg: Über den Bau der Bursaria truncatella. Morphol. Jahrb. Bd. 12. 1886.
9) Derselbe: Zur Kenntnis des Stentor coeruleus. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. u. Ontog. d. Tiere Bd. 4. 1889.
10) M. Verworn: Psycho-physiologische Protistenstudien. Jena 1889.
11) C. B. Schürmayer: Über den Einfluss äusserer Agentien auf einzellige Wesen. Dissertation. Jena 1890.
12) Kunkel: Handbuch der Toxikologie. Jena 1901.

Lebenslauf des Verfassers.

Verfasser dieser Arbeit wurde am 16. Febr. 1876 zu München als Sohn des Kaufmanns Friedrich Neresheimer geboren. Nachdem er eine Privatschule in Amsterdam besucht und drei Jahre in der Erziehungsanstalt Schnepfenthal bei Gotha zugebracht hatte, bezog er das kgl. Friedrich-Wilhelm-Gymnasium zu Köln a. Rh., später das kgl. Maximilians-Gymnasium zu München, wo er im Sommer 1896 das Absolutorialexamen ablegte.

Er studierte hierauf an den Universitäten Berlin, Lausanne und München zunächst Philosophie, um sich später in München dem Studium der Zoologie zuzuwenden.

Während dieser Zeit hörte er Vorlesungen, bezw. arbeitete er in den Laboratorien der Herren Professoren und Dozenten:

1. Berlin: Boedeker, Dessoir, Döring, Herrmann, Huth, Lasson, Meyer, Rawitz, Reinhold, Schmidt, Schultz-Gora, Simmel, Stumpf.

2. Lausanne: Bonnard, Chatelanat, Eperon, Maurer, Millioud, Muret, Parander, Rossier.

3. München: Cornelius, Goebel, Hertwig, v. Kupffer, Maas, Mollier, Muncker, Pauly, Pompecki, v. Ranke, Rothpletz, Rückert, Selenka, v. Voit, v. Zittel.

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.), Naumburg a/S.

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.), Naumburg a. S.